

鋼方杖ラーメン橋の耐震性能向上に関する一検討

パシフィックコンサルタンツ株式会社 正会員 ○野々山 祐史朗
 パシフィックコンサルタンツ株式会社 正会員 加藤 久喜
 パシフィックコンサルタンツ株式会社 正会員 佐々木 健二

1. はじめに

鋼アーチ橋や鋼方杖ラーメン橋などのレベル2地震動に対する耐震補強は、その解析手法や補強工法が確立されておらず、効果的な方法が求められている。本検討では、既設の鋼方杖ラーメン橋に対し、地震後の要求性能を耐震性能2（地震による損傷が限定的なものにとどまり、橋としての機能の回復が速やかに行い得る性能）とし、性能照査型耐震設計により、要求性能を確保するために必要な部材健全度を設定し、各部材の性能評価を行い、耐震性能の向上を図った。

対象橋梁は、昭和51年に竣工の橋長：L=85.0mの鋼方杖ラーメン橋である（図-1）。適用基準は、昭和48年道路橋示方書であり、耐震性能は、現行基準でのレベル1地震動相当で設計されている橋梁である。

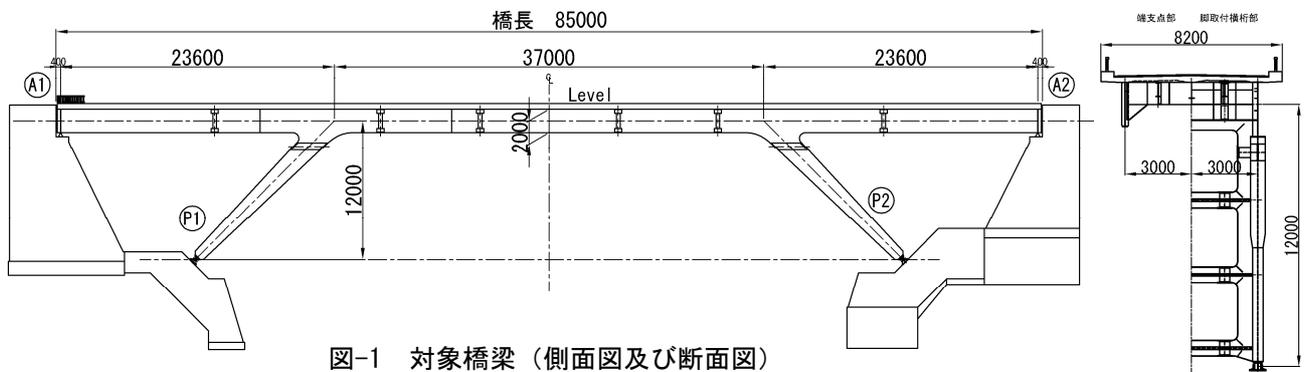


図-1 対象橋梁（側面図及び断面図）

2. 解析手法

対象橋梁は、地震時の挙動が複雑となるラーメン形式で軸力変動や大変形を対象とする幾何学的非線形性を考慮するため、ファイバーモデルによる3次元非線形時刻歴応答解析を実施した。入力地震波は、道路橋示方書に示されるレベル2地震動の標準加速度波形（I種地盤）を用いた。

また、固有値解析結果より、基本モードが卓越しない構造（有効質量比 $\leq 75\%$ ）であることから、各部材の応答ひずみに対して照査を実施する“ひずみ照査法”によって照査を実施した¹⁾（表-1）。

表-1 固有値解析結果

	卓越モード	有効質量比
橋軸方向	1	56%
	22	3%
橋軸直角方向	2	73%
	34	1%

3. 現況照査結果

現況に対する動的解析結果を図-2に示す。

橋軸方向加振の解析結果では、支間1/4付近の下フランジにおいて、降伏ひずみの約4倍の応答ひずみが発生している。

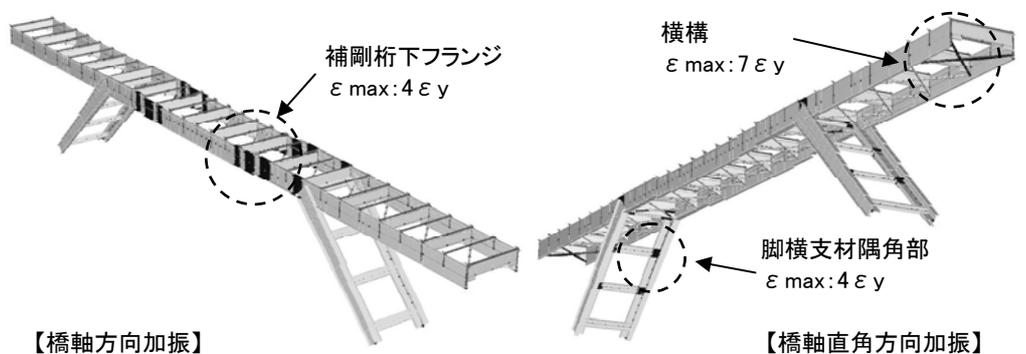


図-2 現況解析結果（■：応答ひずみ $\epsilon > 2\epsilon_y$ の箇所）

一方、橋軸直角方向加振の解析結果では、ラーメン橋脚の脚と横支材の隅角部および上部工の横構においてそれぞれ、降伏ひずみの約4倍、約7倍の応答ひずみが発生している。

キーワード 鋼方杖ラーメン橋, 非線形時刻歴応答解析, ファイバーモデル, FEM解析, フィレット補強
 連絡先 〒451-0046 名古屋市西区牛島町2番5号 トミタビル5F TEL 052-589-3105 FAX 052-589-3123

4. 耐震補強

(1) 耐震補強方針

補強対策としては、①構造的耐震性能向上（部材補強）、②エネルギー吸収性能向上（制震・免震構造）に大別される。現況照査結果より、②の対策では、橋梁全体の変位が少なく、エネルギー吸収効果が十分に得られないと判断し、補強対策としては、①構造的耐震性能向上対策（部材補強）を採用することとした。また、構造上、取替えが困難な支承部に対する地震時の浮き上がり対策については、浮き上がり防止構造を設置することとした。

(2) 桁補強

本検討では、性能照査型耐震設計により、上部工部材にも副次的な塑性化を許容し、応答ひずみを $2\epsilon_y$ 以内に抑えることで補強規模・範囲を現実的かつ効果的なものとしている。¹⁾ これにより、補剛桁の許容値超過箇所は、支間 1/4 付近のみと限定的な範囲となることから、当て板による部材補強を行った。なお、横構については、二次部材であることから、地震後に必要に応じ取り替える方針とした。

(3) 隅角部に対する補強

補剛桁と脚および脚と横支材部の隅角部については、隅角部として設計されておらず、応力集中の発生が懸念されることから、詳細な発生応力の規模や範囲を把握することを目的に 3 次元 FEM 解析を実施した。

脚と横支材部に対する解析結果を図-3 に示す。解析結果より、交差部のフランジおよびウェブに応力集中が発生しており、最大で降伏応力の 1.2 倍の応力が発生している。

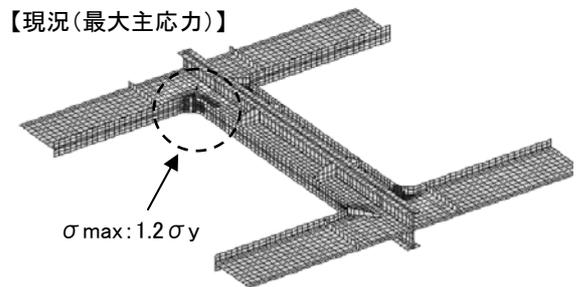


図-3 FEM 解析結果（現況モデル）

本検討では、交差部の応力集中を低減させる方策として、首都高速道路株式会社などで実績のあるフィレット補強を行うものとした。設置するフィレットについては、脚の部材厚と同等とし、形状および補強範囲は、既往の報告²⁾を参考に決定した（図-4）。

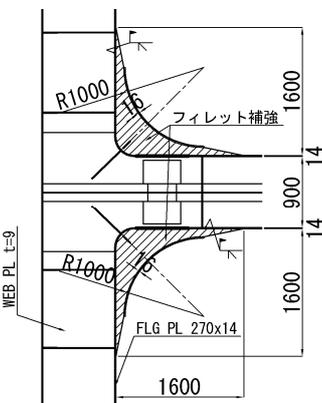


図-4 フィレット補強

補強の結果（図-5）、フィレット補強によって、応力集中が緩和し、応答を降伏応力以下に抑えることができた。

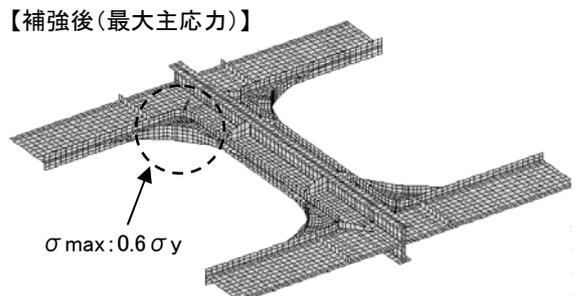


図-5 FEM 解析結果（補強モデル）

(4) 残留変位

補強後の鋼ラーメン橋脚上端位置における残留変位は、許容値を満足している（表-2）。

表-2 残留変位 (mm)

	δ	$\delta_a (=h/300)$
橋軸方向	6.9	56.6
鉛直方向	10.5	56.6
橋軸直角方向	0.1	56.6

5. まとめ

- 1) 性能照査型耐震設計により、合理的な補強ができ、補強規模の縮小およびコスト縮減が図れた。
- 2) 上部工に副次的な塑性化を許容しても、残留変位は許容値を満足し、地震後の使用性に問題がないことを確認した。
- 3) 隅角部の補強方法として、フィレット補強の有効性を確認した。

参考文献

- 1) 鋼橋の耐震・制震設計ガイドライン, (社) 日本鋼構造協会, 2006 年 8 月
- 2) 山口, 藤原; 鋼製ラーメン隅角部のフィレット補強に関する解析的研究, 構造工学論文集, Vol. 53A pp125-132, 2007 年 3 月